

PENCAPAIAN *LEAD TIME* BERBASIS ORIENTASI PENYELESAIAN DALAM *MANUFACTURING* MATERIAL DI KALANGAN MAHASISWA PRAKTIKAN YANG MENGIKUTI PRAKTIK MATAKULIAH BIDANG MANUFAKTUR

Oleh:

Wahono, Solichin, Misiran

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang

Email: wahono@um.ac.id

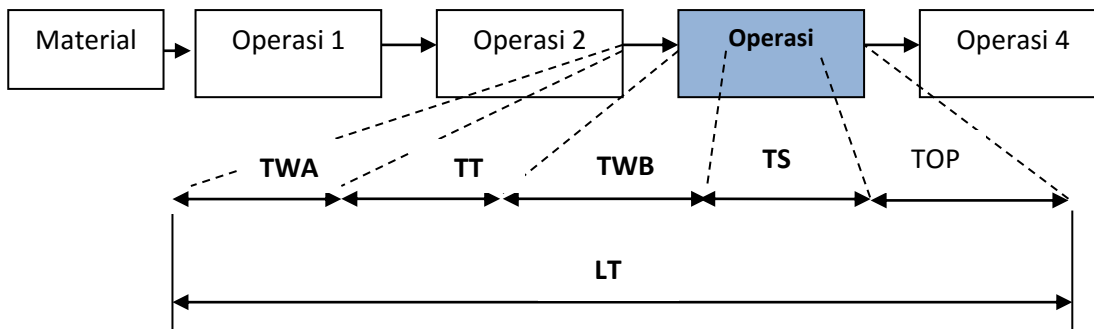
Abstraks: Dewasa ini fokus industri manufaktur telah bergeser dari *cost* dan *quality* yang di-drive oleh produsen, menjadi *speed* yang di-drive oleh *costumer*. Speed tersebut akan berdampak pada tereduksinya *lead time*. Fokus industri tersebut, seharusnya dapat mendorong praktikan bidang manufaktur untuk bersikap efisien dalam bekerja melalui aktifitas praktik matakuliah. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan *setting time*, *processing time*, dan *lead time* aktual dengan teoritik dan standard yang dicapai oleh mahasiswa praktikan matakuliah pengelasan dan pemesinan. Metode penelitian adalah deskriptif. Prosedur pengumpulan data dengan melakukan pengukuran *setting time*, *processing time*, dan *lead time* terhadap mahasiswa yang sedang melakukan praktik pemesinan lanjut. Selanjutnya, komponen aktual tersebut dibandingkan dengan komponen waktu teoritik dan standard. Temuan penelitian ini adalah: (1) *setting time*, *processing time*, dan *lead time* aktual yang dicapai praktikan dalam proses pengelasan dan pemesinan lambat dan mayoritas sangat lambat. Berdasarkan temuan penelitian ini, direkomendasikan agar ada upaya pembudayaan efisiensi melalui target waktu dalam menyelesaikan tugas praktikum sejak dini dan menempatkan pencapaian waktu penyelesaian sebagai salah satu tolok ukur ketuntasan belajar.

Kata-kata kunci: *lead time*, *manufacturing*, praktikan

Manajemen manufaktur adalah strategi pengelolaan pengerahan semua sumber daya untuk mewujudkan produk manufaktur secara efisien mulai dari rancangan hingga menjadi produk sesuai rancangan. Menejemen manufaktur mengelola sumber daya dalam komponen proses, meliputi perancangan produk, pemodelan, perencanaan dan pengendalian produksi, *manufacturing*, kontrol kualitas produk, serta perakitan dan instalasi. Pengelolaan komponen proses manufaktur tersebut memiliki satu tujuan, yakni meningkatkan efisiensi dan keefektifan proses, sehingga dapat dicapai spesifikasi produk

yang sesuai rancangan dengan biaya proses yang relatif kecil.

Manufacturing merupakan salah satu komponen proses manufaktur yang memerlukan perhatian lebih dalam proses manufaktur. *Manufacturing* dideskripsikan sebagai aktivitas untuk mengubah material baku menjadi bentuk baru dengan melibatkan beragam metode. Komponen ini membutuhkan paling banyak sumberdaya dibanding komponen lain, yakni meliputi tenaga kerja, alat, dan bahan yang ditopang oleh metode dan standar.



Gambar 1. Komponen Lead Time untuk Satu Jenis Work Center

Keterangan Gambar 1:

- TWA : *Time for Waiting after operation*, yakni waktu tunggu setelah pengerjaan sebelumnya (hari).
 TT : *Transport time dan inspection time*, yakni waktu transportasi dari *work center* satu ke *work center* berikutnya ditambah *inspection time* (hari).
 TWB : *Time for Waiting before operation*, yakni waktu tunggu sebelum di-*setting* ke *work center* (dalam satuan hari).
 TS : *Time for Setting*, yakni waktu penyetelan (dalam satuan hari).
 TP : *Time for Processing*, yakni waktu pemotongan/penyayatan (dalam satuan hari).
 LT : *Lead time*, yakni waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan (dalam satuan hari)

Parameter efisiensi yang dipandang urgen digunakan dalam aktivitas *manufacturing* adalah waktu. Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pengerjaan suatu produk disebut *lead time*. Secara umum, *lead time* dikelompokkan menjadi dua, yakni *inter operational time* atau *time for inter operation* (TIO) dan *operation time* atau *time for operation* (TOP). Waktu antar operasi terdiri atas waktu tunggu (*waiting time*), waktu transport (*transport time*), dan waktu inspeksi (*inspection time*). Waktu operasi terdiri atas waktu penyetelan (*setting time*) pada mesin dan waktu proses (*processing time*). Gambar 1 adalah visualisasi garfis komponen *lead time* untuk satu *work center* (misalnya bubut) yang merupakan bagian dari rangkaian operasi *work center* lain.

Menurut Arisandi, (2001), waktu tunggu (TW) merupakan penjumlahan dari TWA dan TWB, waktu antar operasi (TIO) merupakan penjumlahan dari TW dan TT, sedangkan waktu operasi (TOP) merupakan penjumlahan TS dan TP. Sementara itu TS diasumsikan sama dengan TP.

Dalam manajemen manufaktur dipetakan dua jenis waktu, yakni waktu yang tidak efektif (*non effective time*) dan waktu efektif (*effective time*). *Interoperation time* dipandang sebagai waktu yang tidak efektif, sedangkan *setting time* dan *processing time* merupakan waktu efektif untuk menyelesaikan proses *manufacturing*.

Non effective time dianggap pemborosan yang menjadi salah satu faktor penyebab peningkatan *lead time*. Peningkatan *lead time* menyebabkan biaya operasi (*operation cost*) meningkat, sehingga dapat menurunkan daya saing produk di pasaran. Penurunan daya saing ini dikarenakan *customer* harus menanggung biaya *non effective time* ini. Agar *customer* menanggung seminimal mungkin biaya *non effective time*, maka diperlukan upaya untuk mereduksi komponen waktu tersebut dengan cara-cara yang tepat.

Effective time merupakan aktivitas yang berhubungan langsung dengan proses mengubah bentuk material baku menjadi bentuk baru. Meskipun komponen waktu ini berhubungan langsung dengan aktivitas *manufacturing*, namun komponen waktu ini

masih dapat diminimalisir. Tujuannya sama dengan upaya mereduksi *non effective time*, yakni memperpendek *lead time*. Dengan memperpendek *lead time*, maka biaya proses yang ditanggung oleh *customer* menjadi lebih kecil dan pada gilirannya harga produk menjadi lebih kompetitif.

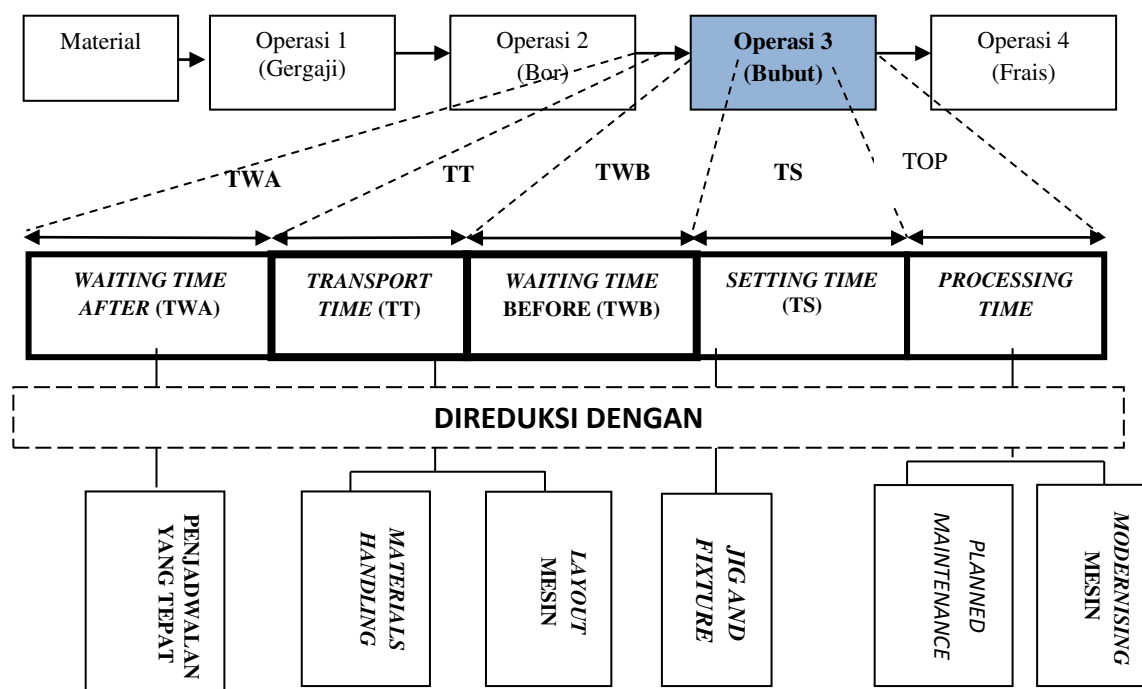
Metode Untuk Mereduksi Lead Time

Manufacturing lead time mengacu pada jarak waktu mulai dari awal pemrosesan hingga penyelesaian. Semakin kecil selisih antara *due date* dengan *manufacturing lead time* mengindikasikan produk tersebut semakin berkualitas Senapati, A.J. dkk. (2012).

Senapati juga mengemukakan, bahwa 90% waktu aktivitas manufaktur tersebut dapat direduksi, sehingga menghasilkan efisiensi tinggi. Efisiensi biaya masih menjadi fokus dalam bidang manufaktur saat ini di samping kualitas. Namun demikian, saat ini fokus industri manufaktur telah bergeser dari *cost* dan *quality* yang di-*drive* oleh produsen, menjadi *speed* yang di-*drive* oleh *cos-*

tumer untuk mereduksi *lead time*. Hasil penelitian tersebut juga menemukan, bahwa kurang dari 10% waktu yang digunakan secara nyata untuk melakukan proses *manufacturing*, sedangkan di industri proses hanya 5% yang digunakan secara efektif untuk waktu proses. Sebagian besar (90%) *lead time* masuk dalam kategori *non-added value time*. Leeder, Philips J. (2012) dalam hasil kajiannya menyimpulkan, bahwa estimasi biaya marginal dan keputusan produksi yang lebih baik bisa ditempuh dengan mengurangi *non-added value time*. Secara skematik, upaya untuk mereduksi komponen waktu *lead time* divisualisasi dalam Gambar 2.

Ada dua aspek dalam meningkatkan efisiensi proses manufaktur, yakni efisiensi mesin dan utilitas sumber daya manusia (Subramaniam, S. K., tanpa tahun) Namun pada bahasan ini akan difokuskan untuk efisiensi non sumber daya manusia. Reduksi *lead time* seperti yang divisualisasikan pada gambar 2 tersebut ditujukan untuk efisiensi sarana proses.



Gambar 2. Metode untuk Mereduksi Komponen Lead Time

Mereduksi Antrean (*Queuing*)

Antrean terjadi akibat order yang masuk tidak seimbang dengan kapasitas produksi, *materials handling* kurang memadai, *lay out* mesin tidak sesuai dengan urutan proses benda kerja yang dikerjakan, atau terjadi *interrupted process*.

Antrean yang disebabkan oleh tidak berimbangnya order dengan kapasitas industri. Keterlambatan dapat diminimalisir dengan melakukan penjadwalan urutan pengerjaan (*squenching*). Metode *squenching* yang sering digunakan antara lain (1) *first come first serve* (FCFS), jika *job* dikerjakan sesuai urutan kedatangan atau *job* yang datang lebih awal dikerjakan terlebih dulu; (2) *Shortest processing time* (SPT), jika *job* dengan waktu proses terkecil dikerjakan terlebih dahulu; (3) *Earliest due date* (EDD), jika batas waktu yang disediakan (*due date*) paling dekat dengan batas akhir dikerjakan terlebih dahulu; (4) *Slack time* (ST), yakni *job* dengan *slack* yang lebih kecil dikerjakan terlebih dahulu, dimana $Slack = (due\ date - tanggal\ hari\ ini) - (waktu\ proses\ yang\ tersedia)$; (5) *Critical ratio* (C/R), jika *job* dengan C/R yang terkecil dikerjakan terlebih dahulu. Pengambilan keputusan diambil berdasarkan perhitungan beberapa jenis metode tersebut dan diambil waktu keterlambatan yang paling kecil. Tentu saja keterlambatan setiap order tersebut dikonfirmasi dengan *customer*. Cara lain mereduksi waktu antrean adalah dengan menerapkan *just in time* (JIT). JIT adalah penyediaan material yang tepat spesifikasi, waktu, penggunaan, dan kuantitas. Menurut hasil penelitian Arshad, M.R. (2007), bahwa dengan menerapkan JIT di lini produksi, untuk membuat komponen dengan lead time 5.33 min/piece dapat dikurangi 24 detik atau menjadi 4,93 menit/piece.

Memaksimalkan *Materials Handling*

Materials handling didefinisikan sebagai seni atau ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan membawa, mengangkat, memposisikan, mengangkut, mengemas, dan mensortir material (Bahale, A. P. and Deshmukh, S.S., 2014). *Materials handling* dipandang penting, jika jarak antar *work center* berjauhan atau material yang dikerjakan tidak memungkinkan diangkut secara manual. Sebauah material rata-rata di-handled sebanyak 50 kali sejak dari penyedia hingga penyelesaian akhir *manufacturing*. Menurut Bahale, A. P. and Deshmukh, S.S., estimasi biaya kasar untuk *materials handling* mencapai 10% sampai 30% dari total biaya produksi. Mekanisasi dan/atau otomatisasi mekanik *materials handling* dipandang sebagai solusi untuk mereduksi waktu antar operasi. *Materials handling* yang sering digunakan untuk memperpendek waktu tunggu antara lain *forklift*, *tractor*, roda berjalan (*conveyor*), dan sejenisnya. Penggunaan *materials handling* tentu harus mempertimbangkan biaya periodik (*annual cost*), sehingga tidak memperberat beban biaya produksi secara keseluruhan.

Merancang *Layout* Mesin yang Sesuai

Layout mesin merupakan pengaturan tata-letak mesin yang disesuaikan dengan urutan pemrosesan benda kerja. Parameter efisiensi tata letak mesin adalah perbandingan *input-output* benda kerja. *Layout* mesin ini dapat dirancang dengan berbagai metode, yakni (1) *in-line layout*, (2) *loop layout*, (3) *ladder*, (4) *robot center layout*, dan (5) *open field layout*. *Layout* mesin berlaku untuk mesin-mesin mandiri (*stan alone*) yang dikombinasikan, sedangkan mesin center (*center machine*) cukup dengan pemrograman urutan eksekusi.

Setelah melalui kajian dan simulasi, Toyota melakukan modifikasi terhadap *lay-out* mesin di lini produksi yang menerapkan *lean production*. Modifikasi *Lay out* tersebut dapat mereduksi waktu tunggu hingga 11,95% (Hemannand, K., dkk. (2012). Gogi, V. At al. (2014) juga melaporkan, bahwa *layout* mesin dapat menghemat sekitar 7%-10% total biaya produksi.

Optimalisasi Penjadwalan Produksi

Penjadwalan produksi direncanakan berdasarkan jadwal induk produksi. Jadwal induk produksi diterjemahkan ke *squencing* untuk mendapatkan gambaran ketepatan atau keterlambatan waktu penyelesaian untuk setiap *order*. *Squencing* sebagai dasar untuk perencanaan sumber daya proses yang akan dikerahkan untuk melakukan proses produksi. Sumber daya proses dimaksud misalnya orang, sarana, dana, dan material. Sumber daya proses tersebut harus diintegrasikan secara kompak untuk mencapai tujuan proses. Hasil perencanaan pengeralahan sumber daya proses dituangkan dalam kartu proses. Kartu proses adalah acuan bagi operator peralatan proses meliputi urutan proses dan metode, waktu mulai rencana, waktu selesai rencana, waktu mulai aktual, waktu selesai aktual. Pergerakan kartu ini mengikuti pergerakan benda kerja.

Berdasarkan waktu rencana dan waktu aktual, divisualisasikan dalam bentuk diagram *troughput* rencana dan aktual (Arisandi, 2001). Diagram *troughput* ini akan menghasilkan besarnya biaya proses rencana dan aktual. Perbandingan biaya rencana dengan aktual merupakan indikator efisiensi waktu proses. Data yang diperoleh dari diagram *troughput* rencana dan aktual tersebut dapat digunakan untuk bahan evaluasi proses. Evaluasi proses ditujukan pada

optimalisasi rencana pengeralahan sumber daya dan rencana penjadwalan proses berikutnya agar dicapai efisiensi dan keefektifan optimal.

Maintenance Terencana

Maintenance terencana, salah satunya, dimaksudkan untuk mengantisipasi terjadinya *breakdown* pada sarana proses. *Breakdown* atau kegagalan sarana proses yang tidak terencana akan mengakibatkan terhentinya produksi atau yang dikenal dengan *interrupted production*. *Interrupted production* disebabkan oleh *interrupted process*. Kondisi tersebut akan berakibat pada kerugian yang besar, terlebih lagi jika sarana proses dirancang dengan *line process*. *Interrupted* pada *line process* akan menimbulkan efek domino pada sarana proses yang lain, karena *line proses* merupakan integrasi dari berbagai jenis sarana proses.

Breakdown dapat minimalisir dengan melakukan pemeliharaan (*maintenance*) yang terencana. Sistem manajemen pemeliharaan (*maintenance management system*) dengan mengaplikasikan sistem manajemen informasi pemeliharaan atau *maintenance information manajemen system* (MIMS) merupakan sistem manajemen pemeliharaan yang banyak diterapkan di industri manufaktur yang sudah mapan. Sistem ini berusaha mengintegrasikan manajemen pemeliharaan di industri dengan informasi *online* yang bersumber dari pihak kontraktor atau sub kontraktor suku cadang sarana proses yang dibutuhkan industri. Informasi tentang spesifikasi dan ketersediaan suku cadang dari industri dan penyedia sangat diperlukan, demikian juga kecepatan pengadaan, pengiriman, dan pemasangannya.

Perencanaan *maintenance* merupakan kunci keberhasilan untuk mengantisi-

pasi *breakdown*. Perencanaan *maintenance* dimulai dari prediksi pemeliharaan (*predictive maintenance*). *Predictive maintenance* dapat dilakukan dengan pencatatan umur teknis komponen dan pencatatan pemanfaatan sarana (*utility*), sehingga dapat diprediksi kapan suatu komponen harus diganti.

Cara lain yang lazim dilakukan adalah dengan mengukur suara dan getaran (*noise and vibrasi*) komponen yang berputar dan/ atau bergesekan, misalnya poros dengan bearing, roda gigi dengan pasangannya, dan sejenisnya. Setiap komponen yang berputar dan/ atau bergesekan akan menghasilkan *noise* dan *vibrasi* dengan intensitas meningkat sebanding dengan masa durasi operasi. Pada batas intensitas *noise* dan *vibrasi* tertentu, dapat dijadikan indikator untuk menentukan kapan komponen tersebut harus diganti.

Perencanaan *maintenance* juga merupakan cara untuk meminimalisir terjadinya *breakdown*. Berdasarkan data yang diperoleh dari *predictive maintenance*, dapat direncanakan tindakan *preventive maintenance* dan *overhaul*. *Preventif maintenance* dapat dilakukan dengan melakukan pemeliharaan ringan (*light maintenance*) dan sedang (*medium maintenance*), sedangkan *overhaul* dapat dilakukan dengan pembongkaran total suatu sarana proses secara terencana. Tindakan *maintenance* tersebut dapat dijadwalkan secara baik apabila dilakukan pemantauan secara terus-menerus.

Mereduksi Waktu Proses

Waktu proses (TP) terdiri dari waktu *setting* (TS) dan waktu operasi (TO). Waktu proses merupakan gambaran biaya proses. Waktu operasi lazimnya tidak lebih dari 10% *lead time* (Senapati, A.J. dkk., (2012) dan Leeder, Philips J., 2012), sedangkan

waktu *setting* relatif lebih lama dibanding waktu operasi, sangat tergantung pada jenis mesin, ukuran, dan kompleksitas benda kerja yang akan dieksekusi.

Waktu proses masih dapat direduksi dengan melakukan *replacement* terhadap mesin yang telah habis umur ekonomisnya. Menurut Simeonovova, I. dan Simeonov, S. (2012), *replacement* merupakan salah satu cara untuk memperpendek *lead time* melalui waktu proses. Namun demikian, *replecement* mesin harus memperhatikan kelayakan ditinjau dari investasi yang ditanamkan dengan kuantitas produk yang dibuat.

Meminimalisir Waktu Setting

Waktu *setting* menjadi perhatian serius dalam proses manufaktur, terutama untuk komponen yang diproduksi massal. Di bidang manufaktur, istilah *masal* dan *tidak masal* ditentukan berdasarkan perhitungan keekonomian. Istilah produksi *masal* digunakan apabila penggunaan alat bantu produksi (*jig and fixture*) dapat meminimalisir biaya produksi, sebaliknya produksi *tidak masal* digunakan apabila tanpa alat bantu produksi lebih menguntungkan.

Biaya produksi dapat ditekan dengan memanfaatkan dua cara, yakni melakukan modernisasi sarana proses dan menggunakan *jig and fixture*. Modernisasi sarana proses berarti mengubah operasi gerakan sarana proses secara manual menjadi elektronik atau otomatisasi. Otomatisasi sarana proses sering diintegrasikan dengan komponen sistem pendukung operasi lainnya, misalnya sarana *setting*, *tools storage*, termasuk *jig and fixture*. Pemanfaatan *jig and fixture* akan menambah biaya, bahkan biaya *jig and fixture* sering lebih mahal dari produk yang dibuat, misalnya *jig and fixture* untuk perakitan *plastic injection muolding*. Namun

demikian, biaya *jig and fixture* tersebut merupakan *fix cost* atau biaya tetap. Biaya lain yang berpengaruh terhadap biaya operasi adalah biaya variabel atau *variable cost*. *Variable cost* merupakan biaya yang berbanding lurus dengan jumlah barang yang diproduksi.

Untuk produksi masal, berlaku batas kritis atau batas minimal kuantitas barang yang diproduksi. Ilustrasi hubungan kuantitas barang yang diproduksi dengan melibatkan dan tanpa *jig and fixture* dengan biaya proses dapat dilihat pada Gambar 3.

Berdasarkan Gambar 3 tersebut dapat diartikan, bahwa jika kuantitas produksi lebih kecil dari batas kritis, maka penerapan *jig and fixture* justru berimplikasi pada pemborosan biaya proses. Sebaliknya, jika kuantitas produksi lebih besar dari batas kritis, maka akan diperoleh penghematan biaya proses.

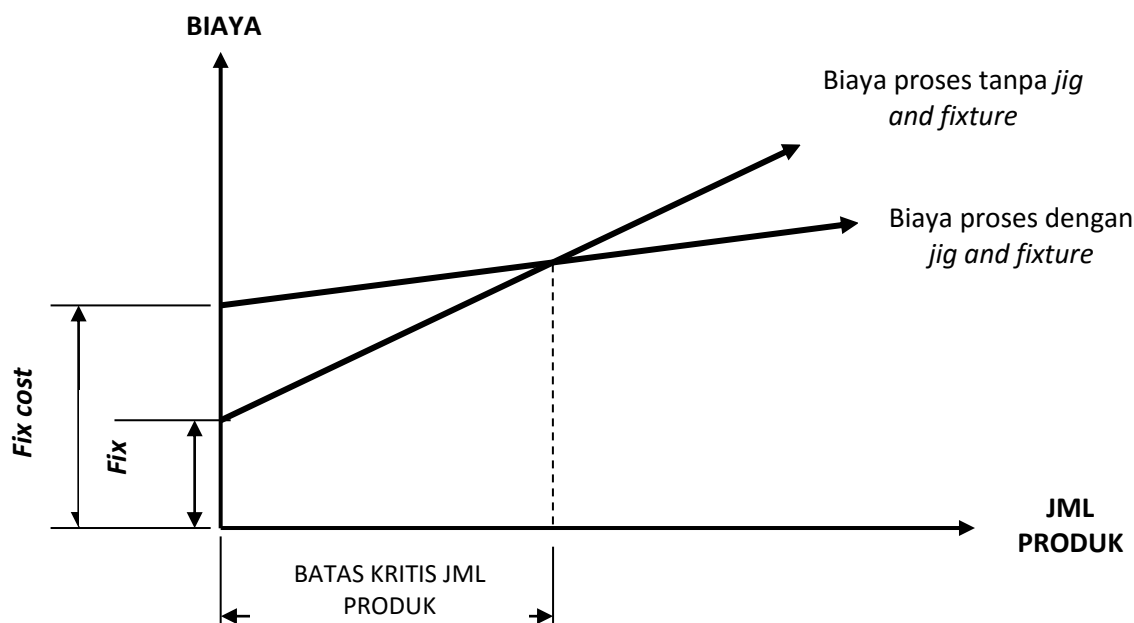
METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah deskriptif. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskrip-

sikan kondisi riil *setting time*, *processing time*, dan *lead time* aktual yang dicapai praktikan matakuliah praktik bidang manufaktur.

Subjek penelitian ini adalah mahasiswa praktikan pada matakuliah *manufacturing*. Matakuliah yang dijadikan sampel adalah pemesinan dan pengelasan. Kualifikasi keterampilan yang dijadikan subjek pengamatan adalah matakuliah praktikum yang diasumsikan menghasilkan tingkat keterampilan semi otonom, yakni pemesinan dan pengelasan lanjut atau yang setara dengan itu.

Sampel diambil secara proporsional dari jumlah praktikan dan pemilihannya dilakukan secara acak. Jumlah *offering* yang dijadikan objek observasi masing-masing 9 *offering* untuk matakuliah pemesinan dan 11 *offering* pengelasan. Jumlah praktikan untuk matakuliah pengelasan 182 orang, sedangkan matakuliah pemesinan 224 orang. Subjek penelitian untuk matakuliah pengelasan adalah 30 orang, sedangkan pemesinan 26 orang yang diambil secara acak dari sejumlah *offering* praktik tersebut.



Gambar 3. Grafik Biaya Proses dengan dan Tanpa Penerapan Jig and Fixture

Teknik pengumpulan data menggunakan observasi langsung terhadap mahasiswa yang sedang melakukan praktik pemesinan dan pengelasan. Observasi dilakukan oleh tim peneliti dengan mengukur waktu *setting* dan *processing time* menggunakan *stop watch*. Data yang telah terkumpul, dianalisis dengan menggunakan statistik deskriptif. Rerata *lead time* aktual dibandingkan dengan dua pendekatan penentuan *lead time*, yakni teoritik dan standard. *Lead time* teoritik ditentukan dengan cara menghitung *setting time* dan *processing time*. *Lead time* standard ditentukan dengan cara mengukur *setting time* dan *processing time* dalam proses manufaktur yang dilakukan oleh praktisi yang memiliki sertifikat keterampilan pengelasan dan/atau pemesinan.

Setting dan *processing time* teoritik diperoleh dengan cara menghitung secara teoritik. *Setting time* teoritik pengelasan dihitung berdasarkan panjang lasan dibagi dengan kecepatan pengelasan teoritik, yakni 6,32 mm/detik (Herman A. dan Suharno, 2013), sedangkan *setting time* pemesinan dihitung berdasarkan volume total yang akan dibuang (cm³) dibagi dengan volume total per menit teoritik (cm³/menit). *Lead time* teoritik diperoleh dengan menambahkan *setting time* dan *processing time* teoritik.

Lead time aktual dibagi dengan *lead time* teoritik atau *lead time* standard dikali 100% dideskripsikan sebagai pencapaian efisiensi *lead time* praktikan. Kualifikasi pencapaian komponen waktu ditampilkan dalam Tabel 1.

Tabel 1 Kualifikasi Perbandingan Komponen Waktu

	Interval perbandingan	Kualifikasi
Perbandingan komponen waktu	< 100%	Sangat cepat
	≥ 100% s.d. < 150%	Cepat
	≥ 150% s.d. < 200%	Lambat
	≥ 200%	Sangat lambat

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam praktikum pengelasan diperoleh: (1) perbandingan *setting time* aktual dengan teoritik mencapai 453,12% (4,5312 kali lipat dibanding waktu teoritik) atau berkualifikasi sangat lambat, (2) perbandingan *setting time* aktual dengan standar mencapai 342,64% (3,4264 kali lipat dibanding waktu standard) atau berkualifikasi sangat lambat, (3) *lead time* teoritik dibanding aktual adalah 742,32% (7,4232 kali lipat waktu teoritik) atau berkualifikasi sangat lambat, (4) *setting time* standard dibanding aktual mencapai 175,96% (1,7596 kali lipat waktu standard) atau berkualifikasi sangat lambat, (5) *processing time* standard dibanding aktual 223,79% (2,2379 kali lipat waktu standard) atau berkualifikasi lambat, dan (6) *lead time* standard dibanding aktual 181,24% (1,8124 kali lipat waktu standard) atau berkualifikasi lambat. Perbandingan komponen waktu pada proses pemesinan ditemukan: (1) Perbandingan *setting time* aktual dengan teoritik mencapai 458,71% (4,5871 kali lipat dibanding waktu teoritik) atau berlififikasi sangat lambat, (2) Perbandingan *setting time* aktual dengan standard proses pemesinan mencapai 175,96% (1,7596 kali lipat dibanding waktu standard) atau berkualifikasi lambat, (3) *Lead time* teoritik dibanding aktual mencapai 332,41% (3,3241 kali lipat waktu teoritik) atau berkualifikasi sangat lambat, (4) *Setting time* standard dibanding aktual mencapai 175,96% (1,7596 kali lipat waktu standard) atau berkualifikasi lambat, (5) *Processing time* standard dibanding aktual 223,79% (2,2379 kali lipat waktu standard) atau berkualifikasi sangat lambat, dan (6) *Lead time* standard dibanding aktual 159,80% (1,5980 kali lipat waktu standard) atau berkualifikasi lambat. Hasil analisis data disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2 Kualifikasi pencapaian Komponen Waktu Aktual, Teoritik, dan Standard

	Setting time teoritik dibanding aktual	Processing time teoritik dibanding aktual	Lead time teoritik dibanding aktual	Setting time standard dibanding aktual	Processing time standard dibanding aktual	Lead time standard dibanding aktual
Pengelasan	453,12%	1031,53%	742,32%	342,64%	150,17%	181,24%
Kualifikasi	Sangat lambat	Sangat lambat	Sangat lambat	Sangat lambat	Lambat	Lambat
Pemesinan	458,71%	234,15%	332,41%	175,96%	223,79%	159,80%
Kualifikasi	Sangat lambat	Sangat lambat	Sangat lambat	Lambat	Sangat lambat	Lambat

Durasi *lead time* sangat dipengaruhi oleh *processing time* dan *setting time*, karena secara teoritik *lead time* merupakan penjumlahan dari *waiting time*, *setting time* dan *processing time* (Arisandi, 2001). Dalam konteks penelitian ini, *waiting time* dan komponen pembentuknya diabaikan, karena tidak ada antrean pekerjaan dalam praktik. Dengan demikian komponen waktu *lead time* yang relevan untuk dibahas adalah *setting time* dan *processing time*. Dalam pengukuran aktual, kedua komponen tersebut merupakan komponen waktu yang independen. Perbandingan *setting time* dan *processing time* aktual dengan teoritik serta *setting time* dan *processing time* aktual dan standar ini dapat dibahas dengan tiga pendekatan, yakni status tingkat keterampilan teoritik, rancangan pembelajaran, dan pengendalian proses produksi.

Setting time pada proses membubut merupakan waktu yang diperlukan untuk menyetel benda kerja pada pencekam, menyetel mata potong pada *tool post*, serta menentukan dan menyetel parameter-parameter pemotongan. *Setting time* pada proses pengelasan merupakan waktu yang diperlukan untuk memilih dan menyetel parameter pengelasan, mempersiapkan elektroda, dan mempersiapkan benda kerja. Aktivitas-ak-

tivitas tersebut memerlukan pengalaman dan latihan. Menurut Schmidt (1988), orang yang belajar melakukan aktivitas psikomotor, termasuk praktik, mengikuti tiga fase, yakni kognitif, asosiatif, dan otonomous.

Phase kognitif ditandai oleh upaya praktikan untuk mengamati, kemudian melakukan *trial ad error* yang secara bertahap meningkat dari salah ke benar. Pada phase ini seorang praktikan seakan tertegun, tetapi sebenarnya sedang mengamati dan berpikir tentang urutan pekerjaan yang harus dilakukan, dilanjutkan dengan mencoba-coba. Pada phase asosiatif, praktikan mulai berhasil mengonstruksi pola urutan langkah pekerjaan yang harus dilakukan, sehingga ketika mencoba sudah banyak yang benar, meskipun kesalahan kadang masih dilakukan. Pada phase otonomous, praktikan sudah sangat terbiasa untuk mengintegrasikan urutan pekerjaan dengan apa yang harus dilakukan untuk melakukan sesuatu, sehingga antara gerakan motorik dengan strategi kognitif dapat dilakukan secara kompak. Phase otonom ini hanya dapat dilakukan oleh orang yang secara terus-menerus melakukan pekerjaan yang sama atau sejenis. Pola otonom ini akan terdegradasi jika seorang praktikan berhenti melakukan praktik tersebut dalam jangka waktu tertentu.

Praktikan las dan pemesinan di kalangan Jurusan Teknik Mesin (TM) Fakultas Teknik (FT) Universitas Negeri Malang (UM) diperkirakan hanya mencapai phase deskriptif. Hal ini dapat dilihat dari ciri-ciri gerakan motorik ketika melakukan praktikum dan kontinuitas dalam melakukan praktik matakuliah yang sama.

Ditinjau dari perancangan pembelajaran, perkuliahan praktikum bidang manufaktur masih mengedepankan prosedural konten praktikum. Perhatian terhadap efisiensi proses belum mendapat porsi perhatian memadai. Deskripsi kompetensi pengelolaan waktu dalam bekerja (berpraktik) belum tercermin dalam kurikulum 2011 maupun 2014, terutama pada matakuliah Teknologi Mekanik, Praktik Pemesinan, dan Praktik Pengelasan (Katalog Fakultas Teknik, 2011, 2014). Sementara itu, efisiensi proses yang terkendali akan dapat digunakan untuk mengukur kuantitas pekerjaan dalam satuan waktu (Arisandi, 2001). Di bidang pembelajaran, efisiensi sebagai salah satu indikator hasil pembelajaran (Degeng, 2000). Dengan mengendalikan waktu untuk menyelesaikan pekerjaan dalam praktikum, berarti membiasakan praktikan untuk bekerja dengan berbasis target, yang pada gilirannya akan membentuk sikap menghargai waktu.

Ditinjau dari kontrol perkuliahan, rombongan belajar pada matakuliah praktik pemesinan dan pengelasan sampai dengan 24 orang. Jumlah ini terlalu besar jika hanya didampingi oleh satu orang dosen. Kontrol belajar mahasiswa akan menjadi kurang memadai, sehingga dapat mendorong mahasiswa melakukan aktivitas di luar konteks praktik. Aktivitas di luar konteks praktikum ini yang diduga menjadi salah satu penyebab panjangnya komponen waktu *lead time* (*setting time* dan *processing time*). Kondisi

tersebut bisa diperparah dengan ketersediaan sarana praktikum yang tidak sebanding dengan jumlah dan kebutuhan praktikum mahasiswa. Kondisi ini sangat disadari oleh sebagian besar dosen praktik.

Di bidang manufaktur, pengendalian waktu proses akan menentukan biaya proses dalam setiap *work center*. Biaya proses akan menentukan biaya produksi, karena biaya proses merupakan salah satu komponen biaya produksi. Dengan menghemat biaya produksi, berarti meningkatkan daya saing produk manufaktur di pasaran. Sementara itu, proporsi *processing time* dalam proses manufaktur hanya berkisar 10% dari *lead time*. Dalam *lead time*, aktivitas manufaktur dibedakan menjadi dua kategori, yakni aktivitas yang memiliki nilai tambah (*added value activities*) dan aktivitas yang tidak memiliki nilai tambah (*non added value activities*). *Added value activities* meliputi *processing time*, sedangkan *non added value activities* meliputi *waiting after process*, *waiting before process*, *interoperation time*, dan *setting time* (Arisandi, 2001). Keberhasilan mengurangi komponen waktu *lead time* tersebut masih mencapai separuh fokus industri manufaktur saat ini. Separuh fokus industri yang lain adalah *speed*. Fokus *speed* ini di-drive oleh raja industri manufaktur saat ini, yakni *costumer*. Senapati, A.J. (2012) mengemukakan, bahwa 90% waktu aktivitas manufaktur tersebut dapat dikurangi, sehingga menghasilkan efisiensi tinggi. Efisiensi biaya masih menjadi perhatian dalam bidang manufaktur saat ini di samping kualitas. Namun demikian, saat ini fokus industri manufaktur telah mulai bergeser dari *cost* dan *quality* yang di-drive oleh produsen, menjadi *speed* yang di-drive oleh *costumer* untuk mereduksi *lead time*.

Mencermati pergeseran fokus industri manufaktur dewasa ini, penanaman target waktu dalam bekerja, sangat penting untuk ditanamkan sejak dini. Waktu merupakan komponen penting yang menentukan tercapainya *focus cost* dan *speed* dalam industri manufaktur.

PENUTUP

Kesimpulan

Kesimpulan penelitian ini adalah: (1) Perbandingan waktu penyetelan benda kerja dan alat potong aktual dibanding waktu teoritik dalam praktik pengelasan oleh mahasiswa praktikan matakuliah praktik pengelasan adalah sangat lambat, (2) perbandingan waktu penyetelan benda kerja dan alat potong aktual dibanding waktu standard dalam praktik pengelasan oleh mahasiswa praktikan matakuliah praktik pengelasan adalah sangat lambat, (3) perbandingan waktu penyetelan benda kerja dan alat potong aktual dibanding waktu teoritik dalam praktik pemesian oleh mahasiswa praktikan matakuliah praktik pemesian adalah sangat lambat, (4) perbandingan waktu penyetelan benda kerja dan alat potong aktual dibanding waktu standard dalam praktik pemesian oleh mahasiswa praktikan matakuliah praktik pemesian adalah lambat, (5) perbandingan waktu proses (*processing time*) aktual dibanding waktu teoritik dalam praktik pengelasan oleh mahasiswa praktikan matakuliah praktik pengelasan adalah sangat lambat, (6) perbandingan waktu proses (*processing time*) aktual dibanding waktu standard dalam praktik pengelasan oleh mahasiswa praktikan matakuliah praktik pengelasan adalah lambat, (7) perbandingan waktu proses (*processing time*) aktual dibanding waktu teoritik dalam praktik pemesian oleh mahasiswa praktikan matakuliah praktik pe-

mesinan adalah sangat lambat, (8) perbandingan waktu proses (*processing time*) aktual dibanding waktu standard dalam praktik pemesian oleh mahasiswa praktikan matakuliah praktik pemesian adalah sangat lambat, (9) perbandingan *lead time* aktual dibanding *lead time* teoritik dalam praktik pengelasan oleh mahasiswa praktikan matakuliah praktik pengelasan adalah sangat lambat, (10) perbandingan *lead time* aktual dibanding *lead time* standard dalam praktik pengelasan oleh mahasiswa praktikan matakuliah praktik pengelasan adalah lambat, (11) perbandingan *lead time* aktual dibanding *lead time* teoritik dalam praktik pemesian oleh mahasiswa praktikan matakuliah praktik pemesian adalah sangat lambat, dan (12) perbandingan *lead time* aktual dibanding *lead time* standard dalam praktik pemesian oleh mahasiswa praktikan matakuliah praktik pemesian adalah lambat.

Saran-saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka diajukan saran-saran sebagai berikut: (1) Perlu upaya pengintegrasian konten matakuliah Teknologi Mekanik dengan Praktik Pemesian dan Pengelasan karena pencapaian keterampilan (motorik) bukan pencapaian keterampilan yang baru sama sekali, tetapi ada pengaruhnya pencapaian kognisi dan motorik sebelumnya, (2) perlu ada upaya yang terukur pencapaian phase praktik bagi mahasiswa pada setiap matakuliah praktik, minimal mencapai phase asosiatif plus atau berkualifikasi cepat, (3) pencapaian target waktu dalam penyelesaian *job sheet* seharusnya merupakan komponen yang penting dalam evaluasi praktikum mahasiswa, (4) deskripsi matakuliah Teknologi Mekanik, Praktik Pemesian, Praktik Pengelasan, dan Praktik Manufaktur lainnya

perlu ditambahkan deskripsi kompetensi pencapaian waktu untuk menyelesaikan *job sheet* tertentu, dan (5) perlu ada penekanan

tentang pentingnya target waktu dalam bekerja agar terbiasa untuk mencapai fokus *speed* seperti yang dituntut *customer*.

DAFTAR PUSTAKA

- Amuthuselvan, D. 2012. Improving Productivity of Manufacturing Division Using Lean Concepts and Development of Material Gravity Feeder a Case Study. *International Journal of Lean Thinking*. (Online), Vol.3 issue 2. December 2012. (www.thinkinglean.com/ijlt). Diakses 20 April 2015
- Arshad, Mohd Rozaimi Bin. 2007. *Case Study On Manufacturing Waste Reduction Through Just In Time*. Pahang: Universiti Malaysia Pahang.
- Arisandi, Duddy. 2001. Release Order Berorientasi Beban (Load Oriented Order Release) sebagai Pengantar Production Planning and Control (PPC). Bandung: Politeknik Manufaktur Bandung.
- Bahale, A. P. & Deshmukh, S.S. 2014. Improving Material Handling Efficiency in a Ginning Machine Manufacturing Company. *International Journal Of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, (online), Vol. 3, Issue 3, March 2014, (www.ijirset.com). Diakses 20 April 2015.
- Gogi, Vivekanand, et al. 2014. Efficiency Improvement Of A Plant Layout. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, (online), Vol. 3, Issue 4, April 2014, (www.ijirset.com). Diakses 20 April 2015.
- Herman, A dan Suharno, 2013. *Pengaruh Kecepatan Pengelasan Baja SM 490 terhadap Ketangguhan*.
- Lederer, Philip J. 2012. *Lead Time Performance Measurement*. New York: William E Simon Graduate School of Business administration University of Rochester, Rochester NY
- Lee, Chia-Yen & Johnson, Andrew L. 2008. *Operational Efficiency*. Tainan City: Institute of Manufacturing Information and Systems, National Cheng Kung University
- Lindén, Samuel. 2008. *Costs for on Site Material Handling In Housing*. Göteborg: Chalmers University of Technology
- Schmidz, Richard A. 1988. Motor Control and Learning. A Behavior Emphasis. 2nd Ed. Illinois: Human Kinetic Publisher Inc.
- Senapati, A.J. dkk. 2012. Reduction in Inventory Control. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, Volume-1, Issue-6, August 2012. (Online). Diakses 20 April 2015.
- Subramaniam, S. K., Husin, s. H., Yusop, y., & Hamidon, A. H. Machine (tanpa tahun). Efficiency and Man Power Utilization on Production Lines. *Proceedings of the 8th wseas int. Conf. On electronics, hardware, wireless and optical communications* (hal 70-75). Malaka: universiti teknikal malaysia melaka
- Universitas Negeri Malang. 2013. Kurikulum 2013. dalam: *Katalog Fakultas Teknik*. Ed. 2013. Malang: Universitas Negeri Malang